甘藷蟲害管理及性費洛蒙利用

黃振聲　洪巧珍
台灣省農業藥物毒物試驗所

摘　要

台灣甘藷害蟲有記錄者約60種之多，較常見者約10種，惟因甘藷經濟價值較低且再生能力較強，故多數食葉性害蟲對甘藷危害並不嚴重，無須單獨防治，必要時可噴施有機磷藥劑防除。甘藷關鍵害蟲主要有蟻象、螟蛾及猿葉蟲三種，該等害蟲蛀食危害甘藷塊根及莖蔓的習性類似，故可採行藷苗浸藥滅蟲，及甘藷插植前作畦時，將有機磷粒劑或粉劑混合於畦土中，再插植藷苗；發生嚴重時，在中耕培土時，再施藥一次，可一併防除該三種害蟲的危害。蟻象性費洛蒙已被鑑定合成，其誘蟲配方、誘蟲器設計及田間應用技術已開發成功。利用性費洛蒙誘殺配合殺蟲劑對蟻象進行綜合防治效益評估，結果顯示每分地設置四個性費洛蒙誘蟲器，可有效減少甘藷被害率達55～65%；設誘蟲器並於作畦時施用陶斯松粒劑2.25kg AI/ha一次，可減少甘藷被害率67～75%；前述處理效果與作畦及中耕培土時共施藥二次的防治效果80～85%，並無顯著差異。蟻象性費洛蒙誘蟲器亦可用來偵測蟻象於甘藷田的發生狀況；依相關性分析顯示，調查甘藷被蟻象侵害程度時，可僅以藷塊被害率為評估標準。試驗顯示，陶斯松之藥效較其他農民慣用藥劑為佳，持效性較長，且應著重植前施藥。另外耕作措施包括：輪作、植前浸水、藷苗浸藥處理或採用無病蟲藷苗、清除田間殘藷及中間寄主、加强覆土(培土)與灌溉及提早採收等，均有助抑制蟻象之發生為害。估計利用蟻象性費洛蒙誘蟲器於甘藷蟲害綜合管理體系中，可減少施用殺蟲劑1－3次，則每公頃甘藷的防治成本可節省3,100～12,100元，故前述性費洛蒙誘殺綜合防治技術，值得政府擴大推廣應用。

(關鍵詞：甘藷蟻象、甘藷螟蛾、甘藷猿葉蟲、蟲害管理、綜合防治、性費洛蒙)

前　言

甘藷(*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) 是世界上第七大重要作物，而在根莖作物中，其重要性則名列第三[15,18]。甘藷原產於南美洲，歐人於1594及1597年分別將其傳入中國大陸及台灣[18]。中國大陸甘藷栽植面積廣達650萬公頃，產量占全世界89%[2,18]。台灣甘藷種植面積曾高達23萬公頃，產量僅次于水稻，惟受到社會生活型態之變遷及需求上之改變，其栽培面積已大幅減少，然種植面積仍達　15,000餘公頃[1]。以往甘藷除作為人們食用外，多作為飼料、或製造澱粉及酒精的主要原料。目前因人們對天然高纖維健康食物的重視，蔬菜食用甘藷品種之育成推廣，及甘藷食品加工技術的進步，甘藷再度受到重視，仍是本省各地區的重要農作物之一。

全世界記錄危害甘藷的害蟲種類達100種以上，台灣有記錄者約60種，其中多數爲兼食性偶發的昆蟲，不會對甘藷生產造成重大的危害[5,10,13,18]。較常見的害蟲近10種，包括：蟻象(Sweet potato weevil, *Cylas formicarius* 、螟蛾(Vine borer, *Omphisa anastomosalis*)、猿葉蟲(Leaf beetle, *Colasposoma dauricum*)、白鳥羽蛾 (Plume moth, *Alucita niveodactyla*)、鳥羽蛾(*Ochyrotica concursa*)、小蛾(Leaf folder, *Brachmia macroscopa*)、潛葉蛾(Leafminer, *Bedellia ferenodes*、蝦殼天蛾(Hornworm, *Herse convolvuli*)四紋斗笠金花蟲(Tortoise beetle, *Laccoptera quadrimaculata*)、縱條姬斗笠金花蟲(Tortoise beetle, *Cassida circumdata*)等[5,10,13]。由於甘藷具有很強的再長與藷塊的發育無多大影響[18]。僅蟻象多年來一直是甘藷生育與儲藏期最重要又難防治的害蟲，最近蟻象性費洛蒙組成份已被鑑定並可人工合成[14,16],提供蟻象防治工作嶄新的途徑。在行政院農委會資助下，國內對蟻象性費洛蒙的合成、誘餌配方、簡易誘蟲器設計、及田間應用技術等均已研發成功，而在全省各地區實際利用性費洛蒙於甘藷蟻象綜合防治體系中，亦顯現優良成效[6,7,8,9,17,20]。因此，本文就利用性費洛蒙大量誘殺蟻象有關的綜合防治技術研究結果報告於後，並簡述幾種次要的害蟲發生與防治，作爲未來擬定甘藷蟲害綜合管理體系之生補償能力，能容忍大量葉片的損失，故多數食葉性害蟲的取食危害，對甘藷生參考。

內　　容

一、利用性費洛蒙誘殺蟻象防治技術之研發

㈠性費洛蒙誘餌配方及生物活性

蟻象是全球性甘藷的大害蟲，年生7－8代，成蟲多潛藏於甘藷田土壤與葉蔓之間，嚙食莖葉或藷塊，成蟲產卵時，可自土壤裂縫潛入土中，將卵產於甘藷主蔓基部或塊根表皮內，幼蟲則於藷蔓及塊根內蛀食爲害，造成甘藷塊根變黑褐色、木質化、發臭而不能食用[4]　。自從長效性有機氯殺蟲劑被禁止使用後，目前一般殺蟲劑很難對潛藏土中的蟻象發揮安全又有效的防治效果，在長達5－6個月的甘藷生育期間，農民常需施藥3－5次，始能稍加控制蟻象的爲害[5]，但也易發生農藥殘留間題。然因農民常感於甘藷收益不高，多疏於防治，全省甘藷被蟻象爲害的百分率平均爲18%，嚴重者可高達88%。

最近美國農部Heath等人已鑑定並合成蟻象性費洛蒙(順)－3－十二烯－1－醇－(反)－2－丁烯酯((Z)－3－dodecen－1－01(E)－2－butenoate)，提供蟻象防治工作嶄新的途徑[16]。其並將蟻象合成性費洛蒙裝載於橡皮帽(Rubber septa)內作成誘餌[16]，惟估計橡皮帽一個約需新台幣5元。爲研製有效價廉的誘餌，乃將靜宜大學顏教授提供的蟻象性費洛蒙合成品(純度大於90%)，以1ug～4mg多種劑量，分別裝載於塑膠微管(Polyethylene microtube)及橡皮帽(Rubber septa)等二種載體內，經於室內及甘藷田進行多次生物檢定

試驗結果，均顯示蟻象性費洛蒙合成品，以1mg劑量裝填於塑膠微管之劑型，最符合具高誘雄效力又經濟的原則，其誘引力約為20隻處女蟲的10倍以上，且性誘餌的誘蟲持效性約可達2～3個月之久(表一)。因此，田間使用時，性費洛蒙誘蟲器每2個月加置新誘餌一條，於6個月甘藷生育期間，共使用3條誘餌即可。

表一、甘藷蟻象性費洛蒙誘餌之持效性
Table 1. Persistence of synthetic sex pheromone of *C. formicarius*

Lure age (month)	% of total males attracted
0	29.4 ± 5.3 [c]
1	27.5 ± 5.4 [c]
2	12.1 ± 5.9 [b]
3	7.1 ± 3.4 [ab]
4	8.5 ± 3.4 [ab]
5	6.1 ± 2.3 [a]
20 females	4.7 ± 1.5 [a]
Blank	4.6 ± 2.8 [a]
Total males attracted[1]	309.2 ±31.4

1.Mean ± S.D. derived from 5 trials.

(二)性費洛蒙誘蟲器設計及改進

美國農部Proshold等人曾發展一種不銹鋼網製成的性費洛蒙誘蟲器[19]，作為調查偵測甘藷蟻象危害的工具，唯該型誘蟲器體積較大，構造複雜，且造價昂貴，估計約需新台幣三佰元以上，為開發簡易、有效又價廉的蟻象性費洛蒙誘蟲器，以作為田間誘蟲所需，乃依據蟻象爬行鑽土習性，利用廢棄的寶特瓶為材料，研製出雙層漏斗型寶特瓶誘蟲器，本誘蟲器具備只讓蟻象進入而不能逃出的設計，其造型低廉且田間應用時操作簡便[7]。經於室內及田間試驗比較自製雙層漏斗型寶特瓶誘蟲器與類似Proshold使用的AFT誘蟲器，二者對蟻象雄蟲的誘捕效能,結果二種型式誘蟲器的誘蟲效果均良好且無顯著差異[7]。尤其在台中縣龍井鄉甘藷田,因該處蟻象為害特別嚴重，蟻象族群相當高，雙層漏斗型寶特瓶誘蟲器經常可捕獲上萬隻的蟻象成蟲[7]，顯見雙層漏斗型誘蟲器對蟻象成蟲具有優異的誘殺效果。

進一步對蟻象誘蟲器之材質、顏色、直徑大小、誘餌及誘蟲器設置高度、助滑劑及誘餌與殺蟲劑合用等因素，對蟻象誘殺效果之影響做改進試驗[10]。結果顯示：白色透明及綠色二種雙層漏斗型誘蟲器對蟻象雄蟲誘捕力分別為48及52%,二者無顯著性差異。直徑8.8及12cm二種隻層漏斗型誘蟲器的誘雄百分率分別為59及41%，二者無顯著性差異。蟻象性誘餌吊掛於距離誘蟲器瓶口4cm高度時,其誘雄效力顯著地較其他吊掛距離為0及8cm者為優。田間設置誘蟲器時，誘蟲瓶口與甘藷葉面距離為4、8及16cm等三種處理，對蟻象誘捕效果無顯著差異。蟻象性費洛蒙誘蟲器內置含DDVP殺蟲劑棉繩，對蟻象誘捕力(48%)稍有影響，惟與

無放殺蟲劑誘蟲器的誘捕力(52%)無顯著性差異。另外，蟻象在玻璃、塑膠、鋁及不銹鋼等不同材質表面上之爬行速度分別爲2.5、2.4、2.2及1.9cm/sec，無顯著性差異。塑膠斜面爲45、60及90度角時，蟻象由下往上爬行速度分別爲1.7、1.4及1.2cm/sec；蟻象由上往下爬行速度則分別爲1.6、1.9、1.3cm/sec。塑膠斜面60度角且塗佈滑石粉或鐵弗龍助滑劑時，蟻象在其上爬行速度降爲0.9cm/sec;雙層漏斗型誘蟲器內面塗佈一圈鐵弗龍助滑劑對蟻象逃亡率顯著降低爲0.7～3.5%。上述各因子對蟻象誘捕效果的影響及測試結果，可作爲蟻象誘蟲器模式化及田間應用時之參考。

㈢性費洛蒙誘蟲器之有效距離及誘捕效率

以釋放再捕法(Release-recaptured method) 測試蟻象性費洛蒙誘蟲器之有效距離及誘捕效率[7]，結果顯示距離釋放點5m處的誘蟲器誘捕雄蟲百分率最高，平均爲69.1%；其次爲距離釋放點10m處的誘蟲器，平均誘雄百分率10.7%；距離釋放點20～40m處的誘蟲器，其誘雄百分率則降爲1.5～0.4%。總再捕率平均爲81.9%，唯每次試驗結果變異很大，似受溫度影響，如溫度17～18℃時，再捕率爲54～62%，溫度23～24℃時，再捕率爲72～80%，溫度26℃以上時，總再捕率最高可達97.1%。統計分析結果，總再捕率(Y)與試驗期間的平均溫度(X)，兩者間具極顯著正相關關係，其直線迴歸式爲Y＝-12.366+3.463 X，r=0.941**。因此，顯見蟻象性費洛蒙誘捕效率較其他昆蟲種類優異，且受溫度影響很大，而其誘捕有效距離概在10m範圍內。

㈣利用性費洛蒙防治蟻象的效益評估

1.台中大度山小區域試驗：

爲了評估利用性費洛蒙防治蟻象的效益，乃於台中縣沙鹿鎮大度山地區，進行小區域試驗[11]。試驗時，選定四處各約一公頃的甘藷田，每處甘藷田相距約300公尺以上,每處甘藷田於「井」字的四個角落，設置四區約一分地的處理調查田，包括：(A)全期僅放性費洛蒙誘蟲器，(B)放誘蟲器並於作畦時施藥一次，(C)於作畦及中耕培土時共施藥二次，(D)全期不放誘蟲器也不施藥的對照田；另將中間地帶由農民施用托福松(Terbufos)三次防治的田視爲(E)處理。

使用性費洛蒙誘蟲器誘殺蟻象時，係將蟻象費洛蒙誘餌掛於雙層漏斗型寶特瓶誘蟲器瓶口上面約5cm高度，每分地平均設置四個誘蟲器，相距約15m，誘蟲器底部埋入畦土中固定，並使誘蟲器瓶口離開甘藷葉蔓約5～10cm以上。誘蟲器自甘藷插植後立即設置到收穫爲止，每兩週檢視並記錄誘捕蟲數；另外，每月加置新誘餌一條並更換誘蟲器位置。至於施用土壤殺蟲劑時，每公頃使用5%陶斯松(Chlorpyrifos)粒劑45kg。

防治效益評估包括：(1)誘捕蟲數：在甘藷採收前二週左右，於每種處理調查田(包括原先不放誘蟲器的C.D.E處理)，均設置四個誘蟲器,經4～6日，即檢視記錄不同處理田的誘蟲數，以便偵測不同處理田內蟻象的相對密度。(2)被害株率：甘藷收穫時，每種處理調查田逢機取樣6點，每點調查10株甘藷，檢視每一植株地上部約10cm長的主莖是否被害，再統計每處理田的被害株率。(3)藷塊被害率及藷重被害率：收穫時，如前述方法取樣調查，計算及秤量

每一取樣點被害藷塊數目與重量，及健全藷塊數目與重量(30公克以下不算)，再換算並統計不同處理田甘藷藷塊被害率及藷重被害率。

台中大度山地區利用性費洛蒙與殺蟲劑對蟻象防治之效益評估結果見表二。僅放性費洛蒙誘蟲器的處理(A)在甘藷生育期間總共誘殺1,547至21,722隻蟻象雄蟲；在放誘蟲器並於作畦時施藥一次的處理田(B)則誘殺1,877至18,290隻蟻象；全期誘殺蟻象蟲數似乎與甘藷受蟻象為害程度無明顯關聯。甘藷收穫前二週的蟲數，以全期不放誘蟲器及不施藥的對照田(D)處理的誘蟲數最多59.5隻，其他處理田的誘蟲數依序為C(26.8)>A(22.5)>E(17.2)>B(13.8)，經統計分析，處理田與對照田的誘蟲數有顯著性差異，但不同處理田的誘蟲數之間則無顯著差異(表二)。因此，蟻象性費洛蒙誘蟲器亦可用來偵測評估防治效果。

由被害株率評估,以全期不放誘蟲器及不施藥的對照區(D)的被害株率最高達32.1%,其他處理區的被害株率依序為A(25.4)>B(25.0)=E(25)>C(19.6)，經分析，處理區與對照區的被害株率無顯著性差異(表二)。由藷塊被害率評估，仍以對照區(D)的被害率最高為14.2%，並與其他處理區的被害率呈顯著性差異；其他處理區的藷塊被害率依序為A(5.4)>B(4.8)>E(4.4)>C(2.5)，且不同處理區的被害率之間無顯著性差異。再由藷重被害率評估，亦以對照區(D)的被害率最高為20%，其他處理區的被害率依序為A(5.7)>E(5.3)>B(4.6)>C(3.0)，經分析，處理區與對照區的藷重被害率具顯著性差異，不同處理區的被害率則不具顯著性差異。至於十株甘藷的藷塊個數及重量(含健全與受害者)，於不同處理與對照區間無顯著性差異，推測蟻象為害甘藷主要造成品質的降低而不影響產量，無論如何，對照區十株甘藷塊根的重量較農民傳統施用 3 次托福松的田減少27%。

為了方便比較不同處理對蟻象防治效果，乃以不放誘蟲器與不施藥的對照區為基準，將不同處理區的甘藷被害率轉換為防治率，則得表三結果。表三顯示，依不同評估項目換算所得的防治率略有不同，惟不同處理區的防治率之間均無顯著性差異。平均而論，全期僅放性費洛蒙誘蟲器的田(A處理)對蟻象的防治率可達65%,放誘蟲器並於作畦時施藥一次的田(B)的防治率為75.4%，作畦及中耕培土時共施藥二次的田(C)的防治率最高為84.5%(表三)。

另外，從效益評估中各種調查項目之相關係數分析結果顯示(表四)，誘蟲數與甘藷被害率之間呈現低正相關性，因此蟻象費洛蒙誘蟲器或可作調查、偵測田間蟻象發生之工具，但僅以誘蟲數作為預測蟻象為害程度的指標，則較不適宜。甘藷被害株率、藷塊被害率及藷重被害率三者之間，彼此具顯著或極顯著正相關性，因此，將來在調查評量甘藷受蟻象為害損失時，可以前述任一調查項目為評估標準，惟考量調查之簡易、經濟及準確性，應可以藷塊被害率為單一調查估計標準。

表二、臺中大度山地區以性費洛蒙及殺蟲劑對甘藷蟻象防治效益評估結果
Table 2. The effect of integrated application of sex pheromone and insecticide on the control of C. formicarius in Taichung

Treatment[1]	%plants damaged	%roots damaged		No. of roots per 10 plants	Root weight per 10 plants	No. of weevils per trap
		Measured by number	Measured by weight			
A	25.4[a]	5.4[a]	5.7[a]	28.6[a]	7.1[a]	22.5[a]
B	25.0[a]	4.8[a]	4.6[a]	37.2[a]	9.0[ab]	13.8[a]
C	19.6[a]	2.5[a]	3.0[a]	38.9[a]	8.3[ab]	26.8[a]
D	32.1[a]	14.2[b]	20.0[b]	29.4[a]	6.9[a]	59.5[b]
E	25.0[a]	4.4[a]	5.3[a]	40.8[a]	9.5[b]	17.2[a]

1.A: use of pheromone-baited traps; B: use of pheromone-baited traps and Dursban before planting; C:application of Dursban before planting and at the time of earthing-up; D: untreated control; and E: conventional insecticide as applied by farmers. Data were transformed to arc sine $\sqrt{x}$ prior to analysis, and means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

表三、臺中大度山地區以性費洛蒙及殺蟲劑對甘藷蟻象之防治率
Table 3. Percent control of C. formicarius obtained with different treatments in Taichung

Treatment[1]	Percent control(%)[2]		
	%root damage by number	%root damage by weight	mean
A	62.6[a]	67.4[a]	65.0
B	70.5[a]	80.3[a]	75.4
C	83.3[a]	85.7[a]	84.5
D	0	0	0
E	69.7[a]	72.3[a]	71.0

1.See footnote of Table 2.

$$2.\text{Percent control} = \frac{\%\text{damage in check} - \%\text{damage in treatment}}{\%\text{ damage in check}} \times 100\%$$

表四、臺中大度山地區以性費洛蒙及殺蟲劑對甘藷蟻象防治效益評估中各種調查項目之相關係數分析

Table 4.Correlation coefficients for parameters used in evaluation of C.formicarius in Taichung

Evaluated measure(x)	Evaluated measure(Y)[1]				
	%plant damage	%root damage by no.	%root damage by wt.	No. of roots per 10 plants	Root weight per 10 plants
No. of weevils trapped	-0.03	0.17	0.28	-0.18	-0.28
%plant damage		0.72*	0.62**	-0.64**	-0.32
%root damage by no.			0.96**	-0.56*	-0.31
%root damage by wt.				-0.48*	-0.27
No. of roots per 10 plants					0.69**

1.The marks "*" and "**" indicate significant correlations at the 5 and 1% levels, respectively.

2.全省大區域試驗：

為了進一步了解全省甘藷田利用性費洛蒙防治蟻象的效果，乃洽請各地區農改場分別於台北縣三芝鄉與金山鄉、苗栗縣後龍鄉、彰化縣芳苑鄉、雲林縣元長與水林鄉、澎湖縣白沙鄉等七個鄉鎮地區，進行大區域試驗[11]。於前述七個鄉鎮地區，每處設置四種處理調查田，每種調查田面積0.1公頃且與附近甘藷田相距100公尺以上。調查田包括(A)、(B)、(C)、(D)四種處理，且處理方式與大度山地區試驗者相同，有些地區則增設處理(E)：農民一般防治的田，及處理(F)：中耕培土時施藥一次的田。防治效果調查評估項目及方法亦如大度山地區試驗者，惟增加調查甘藷塊根被害度－即於甘藷收穫時，每處調查田取樣 5 點，每點取樣10株甘藷，評量每一塊根受蟻象為害等級：無蟲害為0級，藷塊1/4以下受害為1級，1/4至1/2受害為2級，1/2至3/4受害為3級，3/4以上受害為4級，再統計每處調查田的塊根被害度。被害度計算公式為：被害度(%)＝Σ[(被害等級×該等級被害藷塊數)/(總調查藷塊數×4)]×100。

全省七個鄉鎮地區的甘藷田，以性費洛蒙與殺蟲劑防治蟻象效益評估結果顯示，大多數試驗地區設置性費洛蒙誘蟲器或施用藥劑的田較無處理的對照田，對抑制甘藷蟻象的發生為害，確有防治效果，有些試驗地區不同處理間，甚至達顯著性差異[8]。由於試驗地區廣佈全

省，調查田面積及取樣點數目受經費及人力的限制，致各個試驗地區效益評估結果變異稍大，為了節省篇幅及簡便說明，僅就七個鄉鎮地區的資料綜合分析結果(表五)，討論如下。

表五顯示,僅放誘蟲器的田(A處理)及放誘蟲器並於作畦施藥一次的田(B處理)，二者全期蟻象誘蟲數無顯著性差異。由被害株率評估，以全期不放誘蟲器及不施藥的對照田(D)的被害株率最高，達23.6%;其次為僅放誘蟲器(A)及放誘蟲器並施藥一次的田(B)，被害株率分別為14.0及8.8%；作畦及中耕培土時共施藥二次的田(C)的被害株率最低為6.4%統計分析結果，處理田與對照田的被害株率具顯著性差異，A與B處理及B與C處理的被害株率則不具顯著性差異。由藷塊被害度評估，仍以對照區(D)的被害度最高達4.0%；其他處理的藷塊被害度依序為A(2.0)>B(0.9)>C(0.8)，惟A、B、C處理之間無顯著性差異。至於十株甘藷的藷塊個數及重量，於不同處理與對照照組間，則無顯著性差異，推測蟻象為害甘藷主要造成品質的降低而不影響產量。由藷塊被害率評估，以對照區(D)的被害率最高為12.3%，其他處理的藷塊被害率依序為 A(5.3)> B(4.7)> C(2.4)，且A、B、C處理之間無顯著性差異。再由藷重被害率評估，亦以對照區(D)的被害率最高為12.3%,其他處理的藷塊被害率依序為A(5.3)>B(4.8)>C(2.6)；統計分析結果，處理田與對照田的藷重被害率具顯著性差異，A、B、C不同處理田的藷重被害率則不具顯著性差異。另外，增加調查的農民一般防治田(E)受蟻象為害程度較僅放費洛蒙誘蟲器的田(A)為嚴重，但較不施藥對照田(D)為輕微；至於，中耕培土時施藥一次的田(F)受蟻象為害程度則較僅放誘蟲器的田(A)為輕微。

表五、全省七個地區以性費洛蒙及殺蟲劑對甘藷蟻象綜合防治效益評估結果
Table 5. The effect of integrated application of sex pheromone and insecticide on the control of C. formicarius in Taiwan

Treatment[1]	%plants damaged	Degree of root damaged	% roots damaged: Measured by number	% roots damaged: Measured by weight	No. of roots per 10 plants	Root weight per 10 plants	No. of weevils per trap
A	14.0^{b}	2.0^{ab}	5.3^{ab}	5.3^{a}	51.5^{a}	9.1^{a}	1,046
B	8.8^{ab}	0.9^{a}	4.7^{ab}	4.8^{a}	51.8^{a}	8.5^{a}	954
C	6.4^{a}	0.8^{a}	2.4^{a}	2.6^{a}	55.6^{a}	9.8^{a}	n.s.
D	23.6^{c}	4.0^{b}	12.3^{b}	12.3^{b}	50.3^{a}	7.9^{a}	
E	14.5	3.6	9.1	7.9	37.7	5.7	
F	10.7	1.0	2.9	6.3	72.2	14.1	

1.A : use of pheromone-baited trap ; B: use of pheromone-baited traps and Dursban before planting; C: application of Dursban before planting and at the time of earthing-up; D: untreated control ; E: conventional insecticide as applied by farmers; and F: application of Dursban at the time of earthing-up. Data were transformed to arc sine $\sqrt{x}$ prior to analysis, and means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

將表五中不同處理的甘藷被害率轉換爲防治率，則得表六之防治效果。表六顯示，依不同評估項目換算而得的防治率略有不同，平均而論，以作畦及中耕培土時共施藥二次(C處理)的防治率最高爲79.8%，其次爲放誘蟲器並於作畦時施藥一次(B)及中耕培土時施藥一次(F)，二者防治率分別爲66.8及66.7；僅放誘蟲器(A)的防治率可達54.6%；農民一般施藥(E處理)的防治率約爲23.9%。另外，防治效益評估中各種調查項目之相關係數分析結果顯示(表七)，甘藷被害株率、藷塊被害度、藷塊被害率及藷重被害率四者之間，彼此具顯著或極顯著正相關性，此與台中大度山地區試驗結果相同。因此，將來調查及評估甘藷被蟻象爲害損失時，可以藷塊被害率作爲單一調查評估標準。

表六、全省七個地區以性費洛蒙及殺蟲劑對甘藷蟻象綜合防治之防治率
Table 6. Percent control of *C. formicarius* obtained with different treatments in Taiwan

Treatment	Percent control[2]			
	Degree of root damaged	%root damage by number	%root damage by weight	mean
A	50.0	56.9	56.9	54.6
B	77.5	61.8	61.0	66.8
C	80.0	80.5	78.9	79.8
D	0	0	0	0
E	10.0	26.0	35.8	23.9
F	75.0	76.4	48.8	66.7

1.See footnote of Table 5.

2.Percent control = $\frac{\%\text{damage in check} - \%\text{damage in treatment}}{\%\text{ damage in check}} \times 100\%$

表七、全省七個地區以性費洛蒙及殺蟲劑對甘藷蟻象防治效益評估中各種調查項目之相關係數分析
Table 7. Correlation coefficients for parameters used in evaluation of the control of *C. formicarius* in Taiwan

Evaluated measure(x)	Evaluated measure(Y)[1]				
	Degree of root damage	%root damage by no.	%root damage by wt.	No. of roots per 10 plants	Root weight per 10 plants
%plant damage	0.89*	0.92**	0.96**	-0,33	-0.37
Degree of root damage		0.96*	0.87*	-0.64	-0.66
%root damage by no.			0.92**	-0.61	-0.66
%root damage by wt.				-0.26	-0.31
No. of roots per 10 plants					0.99**

1.The marks "*" and "**" indicate significant correlations at the 5 and 1% levels, respectively.

粗略地估算使用性費洛蒙誘蟲器及殺蟲劑防治蟻象的成本差異如表八,係將每條蟻象性費洛蒙誘餌定價爲5元，每個雙層漏斗型寶特瓶誘蟲器定價爲20元(商品化之誘蟲器爲45元),而每公頃每次施藥成本爲4,500元，且農民於甘藷6個月生育期間一般施用藥劑3～5次計算，則估計利用蟻象性費洛蒙誘蟲器而減少施用殺蟲劑一次，甘藷每公頃的防治成本可節省3,100(使用商品化誘蟲器則節省2,100元)，若減少二次用藥則可節省7,600元(6,600元)，減少三次用藥可節省12,100元(11,100元)(表八)。

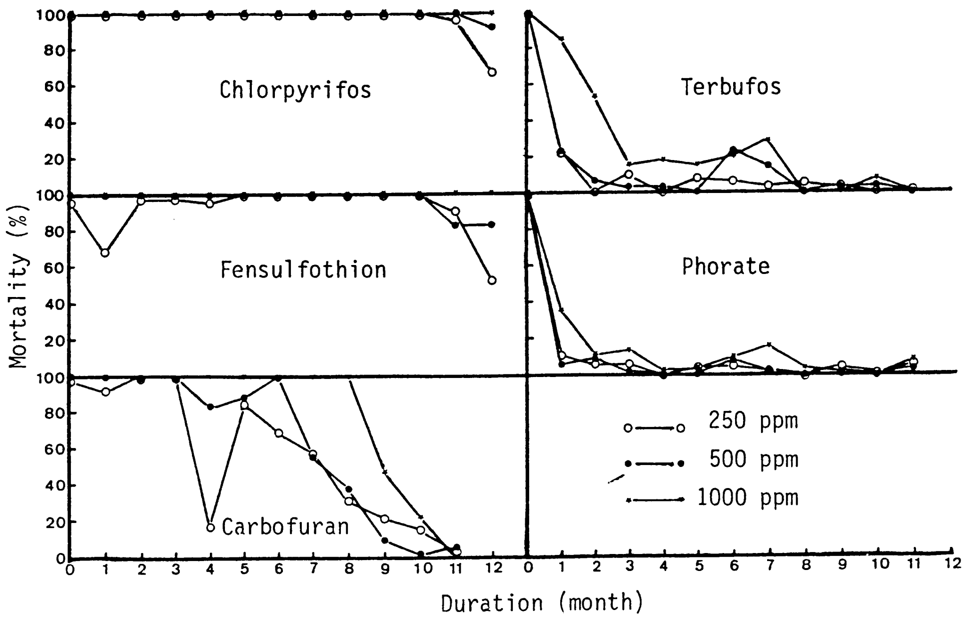
二、甘藷蟻象之耕作及藥劑防治技術探討

甘藷蟻象成蟲壽命長達百餘日，其主要靠爬行及跳飛方式，自鄰近受害甘藷田，或野生牽牛花及其他雜草叢生處，遷移進入新植甘藷田，亦可藉受害甘藷苗被帶入新植田。試驗顯示[10]，蟻象耐飢能力概在1～2週間，其確可取食牽牛花及甕菜，對紅蘿蔔及青椒亦有取食現象；甘藷表面似含有某種物化因子，可促進蟻象之產卵繁殖，惟目前仍無抗性品系的甘藷被育成，而甘藷種植後24至30週時，甘藷塊根被害率劇增。另外試驗證實蟻象成蟲可自30cm深度無縫隙的土中鑽出於土面，但對埋藏土中5～10cm深度的甘藷無鑽入爲害能力，且遇雨蟻象自土中鑽出率明顯降低30～50%。因此，可以輪作、甘藷田植前浸水2至3日、採用無病蟲藷苗、清除田裡殘薯及中間寄主、加强栽培期中覆土(培土)及灌水、及提早採收等耕作措施來抑制蟻象的發生爲害。另外插植甘藷前，將藷苗浸泡0.05% AI加保扶藥劑，可有效防止潛藏的蟻象被帶入新植田[20]。

藥劑對蟻象之毒效試驗結果顯示[10]，陶斯松(Chlorpyrifos)粒劑對蟻象之毒效最佳，且持效性長達10個月以上；其次爲繁福松(Fensulfothion)與加保扶(Carbofuran)，持效性長達6～10個月；托福松(Terbufos)與福瑞松(Phorate)的藥效最差，持效性概在一個月內(圖一)，惟農友有偏好使用托福松的習慣。土壤含水量爲5%以上及PH值在4～8之間時,對供試藥劑無不良影響，惟土壤含水量爲0%時，供試藥劑之殺蟲效果有降低現象。日照對陶斯松、繁福松及加保扶之殺蟲效果無影響，但對托福松與福瑞松則會降低藥效。

表八、使用性費洛蒙誘殺器及殺蟲劑防治甘藷蟻象之成本差異(元/公頃)
Table 8. The cost difference as using sex pheromone trap and insecticide to control *C. formicarius* (NT$per ha)

Application	sex pheromone cost lure ＋ trap ＝ total (commercialized)	Insecticide cost	Difference
1	5Yen×40×3＋20Yen×40＝1,400Yen (45Yen) (2,400Yen)	4,500	-3,100 (-2,100)
2	same as above	9,000	-7,600 (-6,600)
3	same as above	13,000	-12,100 (-11,100)



圖一、藥劑與土壤混拌對甘藷蟻象之毒效及持效性

Fig. 1.Comparative toxicity and persistence of some commonly used insecticides mixed with soil against *C. formicarius* abults.

田間藥劑對蟻象防治試驗結果顯示[10]，目前政府推薦的陶斯松對蟻象之防治率最高爲77%，顯著地較其他供試藥劑之防治效果爲佳，其他供試藥劑之防治率依序爲繁福松>福瑞松>加保扶，農民慣用托福松的防治率最低爲38%(表九)。陶斯松於作畦時以加倍推薦藥量4.5kgAI/ha，且全期僅使用一次的防治率最高爲81.3%，顯著地較其他施藥方法經濟有效。陶斯松在作畦及中耕培土時，分別以2.3kgAI/ha藥量共施用二次的防治效果較差爲50%；僅在作畦或於中耕培土時施用陶斯松2.3kgAI/ha藥量一次，二者的防治效果相當也最差，防治率分別爲31及27%(表十)。因此，宜加强宣導藷農使用政府推薦安全有效的藥劑來防治甘藷蟻象；而且使用藥劑防治蟻象時，宜提早於作畦插植甘藷時即施用藥劑，如果全期預備施藥二次，則可將二次的施藥量集中於插植甘藷時施用一次，不僅可增加蟻象防治效果且節省二次施藥的勞力工資，亦可避免於甘藷生育後期施用粒劑，可能產生殘毒過高的疑慮。

表九、不同藥劑處理對甘藷蟻象之防治效果

Table 9. Efficacy of various soil insecticides in control of C. formicarius on sweet potato

Insecticide & rate (ai/ha)[1]		% root damage[2]	% of control
Chlorpyrifos	2.25kg	6.1 a	76.8
Fensulfothion	3.0 kg	12.8 ab	51.3
Phorate	4.0 kg	14.5 ab	44.9
Carbofuran	1.2 kg	16.1 abc	38.8
Terbufos	3.0 kg	16.3 bc	38.0
Untreated control		26.3 c	0

1. Insecticide applied twice before planting and at the time of earthing-up.
2. Mean derived from 6 replicates. Date were transformed to arc sine $\sqrt{x}$ prior to analysis, and means followed by the same letters were not significantly different at 5% level by DMRT.

表十、陶斯松粒劑不同劑量及施藥方法對甘藷蟻象之防治效果
Table 10. Efficacy of different dose and application method of Chlorpyrifos granules in control of C. *formicarius* on sweet potato

Treatment	%root damage[1]	%of control
A. 4.5kg ai/ha applied before planting	8.5[a]	81.3
B. 2.3kg ai/ha applied before planting	31.4[ab]	30.8
C. 2.3kg ai/ha applied on earthing-up	33.2[ab]	26.9
D. B + C	22.8[ab]	49.8
E. Untreated control	45.4[b]	0

1.Mean derived from 5 replicates. Date were transformed to arc sine $\sqrt{x}$ prior to analysis, and means followed by the same letters were not significantly different at 5% level by DMRT.

三、甘藷其他次要害蟲的發生與防治

多數甘藷害蟲屬食性昆蟲種類，如鳥羽蛾類、麥蛾、潛葉蛾、蝦殼天蛾、金花蟲類、及猿葉蟲成蟲等。這些食葉害蟲，種類雖多，但多為局部地區發生或兼食性者，常年田間蟲口密度不大；再由於甘藷具有很強的再生補償能力，能容忍大量葉片的損失，故多數食葉性害蟲對甘藷的生育並無多大影響，故無須針對各別的害蟲來防治，只在偶而大發生時，可噴施有機磷藥劑防除。例如鳥羽蛾危害甘藷葉片達15%以上時，始對甘藷產量有影響。(12)

寄生於藷莖內的甘藷螟蛾發生較普遍，年發生5～7代，成蟲產卵於葉芽、葉柄或幼嫩的莖蔓上，幼蟲孵化後，多從葉腋處蛀入莖內為害，再轉入主莖或較粗莖蔓髓部取食危害，藷蔓受刺激而膨大並木質化，中耕或翻蔓時易折斷，但其危害造成甘藷產量損失的關聯性尚未見報告(18)。目前為預防螟蛾的危害，可參考蟻象防治方法，在插植甘藷前將藷苗浸泡0.05% AI加保扶藥劑，以避免潛藏的卵粒與幼蟲被帶入新植田(18)；並可在甘藷插植前作半畦時，採用有機磷粒或粉劑，施於畦心並與土壤混拌後，再插植藷苗。嚴重發生時，於中耕培土前，再施藥一次。另甘藷螟蛾的處女蛾被發現對雄蛾具誘引能力(21)，將來待其性費洛蒙組成份被鑑定並人工合成成功後，即可探討利用性費洛蒙偵測或防治螟蛾之可行性。

甘藷猿葉蟲只局部對夏作甘藷較易發生危害，其年生2～3代，卵期8～10日，幼蟲期111

～171日，有越冬現象，蛹期10～38日，成蟲壽命長達數月,產卵量多達616粒(10)。成蟲嚙食葉面，並產卵於土表，幼蟲潛入土中，為害藷塊下半部，使甘藷表皮呈現彎曲凹道食痕，但不會深入藷塊內部，但影響外觀品質。相對濕度50%以下時，幼蟲不活動，故於乾燥旱田受害輕微。猿葉蟲幼蟲之取食為害行為習性類似甘藷蟻象，故其防治可參考採用蟻象之耕作及藥劑防治方法(10)。

結　　論

本省甘藷害蟲種類雖多，惟因甘藷經濟價值較低且再生補償能力較強，故多數食葉害蟲對甘藷的危害並不很嚴重，無須單獨防治，必要時，可噴施有機磷藥劑防除。取食為害甘藷塊根的蟻象、猿葉蟲或其他地下害蟲、及寄生於藷莖內的螟蛾，對甘藷的生育及產量品質影響較大，惟該等害蟲的取食為害習性類似，故可共同採行藷苗浸藥滅蟲，並於甘藷插植前，將有機磷粒劑或粉劑混合於畦土中插植藷苗，至中耕培土時，再施藥一次，可一併防除蟻象、猿葉蟲和螟蛾等危害。最近，甘藷頭號害蟲蟻象性費洛蒙已被鑑定合成，其誘餌配方、誘蟲器設計、及田間應用技術均已開發成功，田間利用性費洛蒙誘殺蟻象綜合防治效益評估，結果顯示蟻象性費洛蒙誘蟲器不僅可發揮大量誘殺蟻象的效果(釋放再捕法推測田間再捕率為82～97%)，而且可以有效減少甘藷塊根被害率達55～65%，約相當於施用農藥1～2次的效果。但考慮田間仍有部份蟻象未被誘殺，並兼顧其他次要害蟲的防除，因此，在利用性費洛蒙誘蟲器大量誘殺蟻象時，並於藷苗插植前作畦時施藥一次，再輔以其他耕作防治措施：輪作、植前浸水、清除田間殘藷及中間寄主、藷苗浸藥處理或採用無病蟲藷苗、加強覆土(培土)與灌溉、及提早採收等，此種綜合防治方法將可更徹底防治蟻象及其他害蟲的發生危害。另外，蟻象性費洛蒙誘蟲器可作為田間偵測蟻象發生的工具，其誘捕蟲數可作為防治決策的參考。而由相關性分析顯示，調查估計甘藷被蟻象危害損失狀況時，可僅以藷塊被害率為評估標準。

估計利用蟻象性費洛蒙誘蟲器於甘藷蟲害綜合管理體系中，可減少施用殺蟲劑1～3次，則甘藷每公頃的防法成本可節省3,100～12,100元。因此,蟻象性費洛蒙誘蟲器值得政府擴大推廣應用，再促使農民注意其他耕作措施，將可有效抑制甘藷害蟲的發生，節省藥劑防治成本，亦可消除消費者對食用甘藷含農藥殘毒的疑懼，以促銷甘藷，增加農民收益。

謝　　辭

本研究承行政院農委會及農林廳植保科支持補助經費，試驗期間承各區農業改良場王雪香小姐、劉政宗、劉達修、顏福成、賴榮茂等諸位先生，鼎力協助，謹致謝忱。

參考文獻

參考文獻

1. 未具名，1989. 台灣農業年報。台灣省農林廳編印372頁。
2. 陳武光譯，1989. 中國大陸的甘藷。農友40：20-31。
3. 洪巧珍，黃振聲，1993. 性費洛蒙在蟲害管理之應用。永續農業研討會專集171-186頁。
4. 洪踵銓，張松壽，1959. 甘藷擬蟻象鼻蟲之發生消長與生態觀察。農業發展8：38-44。
5. 張良傳，1966. 甘藷土壤害蟲藥劑防治試驗。植保會刊8：90-93。
6. 黃振聲，1988. 利用性費洛蒙防治甘藷蟻象。豐年28：20-22。
7. 黃振聲，洪巧珍，顏耀平，1989. 甘藷蟻象性費洛蒙配方及誘捕器誘蟲效能之評估。中華昆蟲9：37-43。
8. 黃振聲，洪巧珍，1990. 利用性費洛蒙誘殺甘藷蟻象之綜合防治。農藥世界79：76-79。
9. 黃振聲，1991. 利用性費洛蒙誘殺甘藷蟻象綜合防治效益評估。台灣農業27(3)：56-61。
10. 黃振聲，洪巧珍，甘藷蟻象綜合防治技術之研究(未發表，1989～1991年農委會計劃報告)。
11. 黃振聲，洪巧珍，1992. 利用性費洛蒙防治甘藷蟻象。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊81-94頁。
12. 顏福成，1979.A甘藷鳥羽蛾生態及防治研究。台南農改場研究彙報12：68-83。
13. 顏福成，陳學信，陳漢洋，1982. 本省甘藷主要產地病蟲爲害情況調查報告。台灣農業18：64-67。
14. 顏耀平，黃振聲，1990. 甘藷蟻象性費洛蒙之合成改進及活性。植保會刊32：239-241。
15. Chalfant,R.B., 1990. Ecology and management of sweet potato ins:ects Annu. Rev. Entomol. 35：157-180.
16. Heath, R. R., J. A. Coffelt, P. E. Sonnet, F. I. Proshold, B.Dueben, and J. H. Tumlinson, 1986. Identification of sex pheromone produced by female sweet potato weevil, *Cylas formicarius elegantulus* (Summers). J. Chem. Ecol. 12(6):1489--1503.
17. Hwang, J. S., C. C. Hung, 1991. Evaluation of the effect of inte-grated control of sweet potato weevil, *Cylas formicarius* Fabricius, with sex pheromone and insecticide. Chinese J. Entomol. 11：140-146.
18. Jansson, R. K. and K. V. Raman, 1991. Sweet potato pest management: A global perspective. 439pp. Westview Press, Inc., Boulder,Colorado.
19. Proshold, F. I., J. L. Gonzalez, C. Asencio, and R. R. Heath, 1986. A trap for monitoring the sweet potato weevil using pheromone or live females as bait. J. Econ. Entomol. 79：641-647.
20. Taleker, N S., R. M. Lai,and K. W. Cheng, 1989. Integrated control of sweet

and sex pheromone related studies with sweet potato vine borer. Chinese J. Entomol. 12：277-284.

討　論

問：性費洛費的有效期間多長，以何時施用爲佳。

姜金龍(桃園農改場)

答：蟻象性費洛蒙誘餌的有效期間約可達2～3個月。在揷植甘藷苗時，即可設置蟻象性費洛蒙誘蟲器於甘藷田內。

問：根據你的報告蟻象使用陶斯松防治於植前加倍藥量較使用該藥劑分二次爲佳，其理由是有關蟻象密度問題或是藥劑特性，請說明。

黃山內(花蓮農改場)

答：甘藷植前施用陶斯松加倍藥量較分二次施用對蟻象防治效果較佳之原因，推測是：施用加倍藥量與土壤混拌更均勻，使蟻象接觸藥劑的機會增加，殺蟲效果會增加；另外，加倍藥量可將早期低密度的蟻象族群抑制，使其增殖較慢，對甘藷危害率降低。再者，根據室內藥效測定結果顯示，陶斯松持效性長達10個月以上，故在植前施藥，已可涵蓋整個甘藷栽培期。

Sweet Potato Insect Pest Management and the Application of Sex Pheromone

Jenn-Sheng Hwang and Chau-Chin Hung
Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, Republic of China.

ABSTRACT

About 60 insect species infesting sweet potato have been reported in Taiwan. Among them, 10 species, i.e., *Cylas formicarius. Omphisa anastomosalis, Colasposoma dauricum Alucita niveodactyla Ochyrotica concursa Brachmia macroscopa, Bedellia ferenodes Herse convolvuli, Laccoptera quadrimaculata,* and *Cassida circumdata,* are easily seen in the field. Organophosphate insecticides are applied to control the foliage pests in case of serious infestation. Sweet potato weevil (SPW, *C. fomicarius*), sweet potato vine borer (*O. anastomosalis*) and leaf beetle (*C. dauricum*) are the three major pests of sweet potato. Their injuring behavior, e.g., larvae feeding and/or tunneling into stems and root tubers, are similar. Therefore, the control measures such as dipping the cuttings in insecticide solution (0.05% a.i. carbofuran) before planting, preplanting application of insecticides into the soil, and post-planting application of insecticides within the crown of the plants, can be employed to control these three pests and other soil insects. Efficacy test on SPW indicated that Chlorpyrifos was more effective and persistent than the other insecticides. Application of insecticides before planting was more effective than application at the time of earthing-up. Recently the sex pheromone of SPW has been isolated, identified, and synthesized, which exhibits great potential in the integreated management for controlling SPW. The formulation of pheromone lure, trap design, and techniques of practical application in the field have been successfully developed. Experiments have also been conducted to evaluate the integrated effects of sex pheromone and insecticides in the control of SPW. The results indicated that the use of pheromone-baited traps placed at a density of 4 traps/0.1 ha reduced 55-65% of storage root damage caused by SPW. The use combination with pre-planting of such traps in application of chlorpyrifos (2.25 kg a.i/ha) reduced storage root damage by 67-75%. The effect was

(2.25 kg a.i/ha) reduced storage root damage by 67-75%. The effect was comparable to that from 2 applications of Chlorpyrifos (80-85%) implemented at the times of pre-plant and earthing-up. The pheromone trap may also be used to locate, survey, and monitor the occurrence of SPW. The foregoing methods in combination with other cultural practices, such as crop rotation, field flooding, control of other alternate hosts, earthing-up the vines, and earlier harvest (4-5 months after planting) are suggested as effective measures in controlling SPW and other pests. One to 3 applications of insecticides can be omitted, or NT$3,100 to 12,100 per ha can be saved when pheromone-baited traps are included in the initegrated pest management. Therefore, the sex pheromone of SPW appers a valuable component in the integrated pest management of sweet potato.

(Key words: Sweet potato weevil, *Cylas formicarius, Omphisa anastomosalis, Colasposoma dauricum*, pheromnoe.)